

↓
А
Ц 16

- обработка: техноло-гии, оборудование, менеджмент XXI века. М-лы V Международного Евразийского Симпозиума. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2010. С.131-134.
2. Шадрина Е.В., Гороховский А.Г., Дружинин А.В. Изучение формоизменчивости клееной карандашной дощечки // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. М-лы VI Международного Евразийского Симпозиума. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2011. С.201-203.
 3. Шадрина Е.В., Гороховский А.Г., Дружинин А.В. О смачивании поверхности термообработанного шпона при склеивании карандашной дощечки // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. М-лы VI Международного Евразийского Симпозиума. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2011. С.203-206.
 4. Шадрина Е.В., Гороховский А.Г., Дружинин А.В. Повышение эффективности операции термической обработки шпона в производстве карандашной дощечки // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России. М-лы VII Всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов по программе У.М.Н.И.К». – Екатеринбург: УГЛТУ, 2011. С.241-243.
 5. Шадрина Е.В., Дружинин А.В. Обзор материалов и технологий изготовления карандашной дощечки // Леса России и хозяйство в них. – Екатеринбург: УГЛТУ. Журнал 3 (37), 2010. С. 42-46.
 6. Шадрина Е.В., Гороховский А.Г. Краевой угол смачивания связующих при склеивании карандашной дощечки // Народное хозяйство. Вопросы инновационного развития. Журнал 3/2011. - Москва. С. 259-266.
 7. Шадрина Е.В., Гороховский А.Г. Карандашная дощечка слоистой конструкции из древесины березы // Современные проблемы механической технологии древесины. М-лы Международной научно-практической конференции. - С.-Петербург, 2011. С. 178-180.
 8. Шадрина Е.В., Гороховский А.Г. Методика экспериментального прогнозирования чиночных свойств карандашей из клееной дощечки // Актуальные проблемы лесного комплекса. Сборник научных трудов №32. – Брянск, 2012. С. 54-59.
 9. Шадрина Е. В., Гороховский А.Г. Экологическая и экономическая эффективность использования модифицированного лущеного шпона березы в производстве слоистой клееной карандашной дощечки // Современные проблемы механической технологии древесины. М-лы Международной научно-практической конференции. - С.-Петербург, 2012. С. 135-139.
 10. Шадрина Е.В., Дружинин А.В. Патент РФ на полезную модель № 100757. Карандашная дощечка. – Москва, 2010.
- Публикации в журналах, рекомендованных в ВАК**
11. Шадрина Е.В., Гороховский А.Г. Разработка технологии модификации шпона в производстве клееной слоистой карандашной дощечки // Хвойные boreальной зоны. Журнал №3-4. Красноярск, 2012. С.341-346.

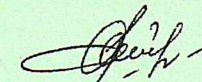
Отзывы на автореферат в двух экземплярах с подписью, заверенной гербовой печатью, просим направлять по адресу: 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37, bsovet@usfeu.ru. Ученому секретарю диссертационного совета Куцубиной Н.В.

Подписано в печать 22.05.13 Объем 1 п.л. Заказ № 129 Тираж 100.
620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37.

Уральский государственный лесотехнический университет
Отдел оперативной полиграфии.

A-1739

На правах рукописи



Шадрина Елена Викторовна

ТЕХНОЛОГИЯ КЛЕЕНОЙ КАРАНДАШНОЙ ДОЩЕЧКИ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО ЛУЩЕНОГО ШПОНА БЕРЕЗЫ

Специальность 05.21.05 – Дровесиноведение, технология и оборудование
деревопереработки

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Уральский государственный лесотехнический университет».

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Гороховский Александр Григорьевич

Официальные оппоненты: **Уласовец Вадим Григорьевич**
доктор технических наук, профессор
кафедры механической обработки древесины,
ФГБОУ ВПО «Уральский государственный
лесотехнический университет»

Рублева Ольга Анатольевна
кандидат технических наук, доцент кафедры
машин и технологии деревообработки
ФГБОУ ВПО «Вятский государственный
университет»

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет» (г. Красноярск)

Защита диссертации состоится «28» июня 2013 г. в 12-30 часов на заседании диссертационного совета Д 212.281.02 при ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет», 620100 г. Екатеринбург, Сибирский тракт 37, ауд. 401.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет».

Автореферат разослан «27» мая 2013 года

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук, доцент



Н.В. Кудубина

Общая характеристика работы

Актуальность работы. В Российской Федерации на сегодняшний день единственной карандашной фабрикой, выпускающей дощечки и карандаши высшей ценовой категории, является ООО «Сибирская карандашная фабрика г. Томск», которая основные объемы своей продукции производит из древесины кедра. Мягкая, легкая, прочная и однородная древесина данной породы обеспечивает хорошие чиночные свойства деревянных карандашей. Потребность фабрики в кедре оценивается в районе 25 тысяч кубометров круглого сырья для производства 7 тысяч кубометров дощечки в год. Фабрика этот объем обеспечить не может в силу дефицита и высокой стоимости кедрового сырья. В этой связи разработка альтернативной технологии карандашной дощечки клееной конструкции на основе модифицированного лущеного шпона березы является актуальной научно-технической задачей, решение которой позволит экономически, а главное экологически целесообразнее использовать сырьевые ресурсы кедровников в карандашном производстве.

Цель работы - повышение эффективности производства карандашной дощечки.

Объектом исследования являются процессы, протекающие при модификации березового шпона и его склеивании в карандашную дощечку.

Предметом исследования являются параметры режимов модификации и склеивания лущеного шпона березы.

Научной новизной обладают:

1. Конструкция клееной карандашной дощечки;
2. Методика теоретического определения конечной влажности и содержания масла в модифицированном шпоне березы;
3. Математические модели, характеризующие влияние температуры, продолжительности модификации и давления прессования при склеивании на удельное усилие резания, прочность склеивания, водопоглощение и разбухание клееной карандашной дощечки;
4. Рациональные значения параметров режима модификации и склеивания лущеного шпона березы.

Научные положения, выносимые на защиту:

1. Повышение пластичности древесины березы в процессе модификации обусловлено использованием низковязкого высокотемпературного теплоносителя (масла), малой толщиной шпона, наличием микротрещин на его поверхности, снижением плотности шпона березы после модификации и наличием масла в древесине после модификации.
2. Определяющими механизмами при пропитке шпона березы маслом в ходе модификации является молекулярная диффузия, бародиффузия и фильтрация без определенно четкой границы между этими механизмами. Проводящими элементами березы при модификации являются сосуды.
3. В виду сложного химического строения насыщенных углеводов и наличия малополярных связей в их молекулярной структуре происходит лишь частичное проникновение молекул масла в клеточные стенки древесины. Это подтверждается незначительной величиной разбухания шпона после модификации.
4. В ПВА дисперсии, применяемой при склеивании модифицированного березового шпона, такой компонент как гидроксипропилцеллолоза, концентрируясь на поверхности раздела фаз (клей/древесина) повышает адгезию клея к древесине, тем самым обеспечивая достаточно прочное для карандашного полуфабриката склеивание.

5. Основным процессом, лежащим в основе склеивания модифицированного шпона березы, является адсорбция.

Практическая значимость работы заключается в разработке режимов модификации и склеивания лущеного шпона березы для изготовления клееной карандашной дощечки. Применение в карандашной промышленности предлагаемой технологии позволит: сохранить ценную древесину кедра, расширить сырьевую базу для производства дощечек; увеличить полезный выход дощечек из исходного сырья; дополнительно использовать отходы фанерного производства; увеличить объемы производства отечественных деревянных карандашей; упростить технологию производства дощечек и карандашей; снизить себестоимость 1 м^3 дощечки и, соответственно, себестоимость 1 карандаша.

Место проведения работы. Работа выполнена в Уральском государственном лесотехническом университете на кафедре Древесиноведения и специальной обработки древесины.

Апробация работы. Основные результаты и теоретические положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на научно-практических конференциях со всероссийским и международным участием: «Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века» (Екатеринбург, 2010-2011 г.); «Научное творчество молодежи – лесному комплексу России» (Екатеринбург, 2011 г.); «Современные проблемы механической технологии древесины» (Санкт - Петербург, 2011 г.); «Народное хозяйство. Вопросы инновационного развития» (Москва, 2011 г.); «Участник молодежного научно-инновационного конкурса» (Екатеринбург, 2011-2012 г.).

Реализация работы. В условиях ООО «Сибирская карандашная фабрика г. Томск» из клееных карандашных дощечек, изготовленных в лабораторных условиях по разработанным оптимальным режимам, выпущена партия карандашей слоистой конструкции.

Публикации. По результатам исследований опубликовано 10 статей, из них 1 в сборнике, рекомендованном ВАК, и 1 патент на полезную модель.

Объём и структура диссертационной работы. Диссертационная работа состоит из введения, 6 глав, выводов, библиографического списка и приложений. Основное содержание работы изложено на 146 страницах машинописного текста, содержит 42 иллюстрации и 85 наименований использованных литературных источников.

Основное содержание работы

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, определена её цель, сформулированы положения, выносимые на защиту, показаны научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе рассмотрено состояние вопроса, осуществлен обзор литературы и публикаций. Также в главе даны оценка состояния современного карандашного производства в России и мире, оценка сегмента карандашной продукции на рынке отечественных канцелярских товаров и прогнозы расширения секторов карандашной продукции.

В первой главе описаны требования, предъявляемые к древесине для карандашных дощечек, используются породы, способы получения дощечек, изложены значение и особенности термической обработки древесины в карандашном производстве. Наиболее полно влияние термической обработки древесины на ее физико-

механические свойства для получения карандашной дощечки описано в работах Н.Н. Чулицкого, П.В. Соколова, С.Е. Штейнберга, А.И. Фоломина, Н.Я. Солечника, Н.А. Лебедева и др.

Вместе с тем анализ результатов выполненных работ показывает, что отдельные вопросы требуют обобщения и дальнейших исследований. Это касается оценки гигиенических показателей клееной карандашной дощечки, способов утилизации отходов масла, проектирование оборудования для высокотемпературной модификации шпона в масле.

Анализ состояния вопроса позволил сформулировать следующие задачи исследований:

1. Теоретически и экспериментально исследовать процессы, происходящие при модификации шпона березы в масле и его склеивании в карандашную дощечку.
2. Разработать оптимальные режимные параметры модификации шпона березы и его склеивания.
3. В промышленных условиях получить карандаши из дощечки, изготовленной в лабораторных условиях по разработанным оптимальным режимам, оценить чиночные свойства полученных карандашей.
4. Определить экономическую эффективность производства слоистой карандашной дощечки.

Во второй главе изложены общие методические положения при проведении экспериментов, представлены характеристики используемых материалов, применяемого лабораторного оборудования и приборов, методов и средств измерения, расчетные формулы и уравнения.

В главе даны обоснования использования в экспериментах березового шпона в качестве основного сырья, минерального масла в качестве теплоносителя для модификации и дисперсии ПВА в качестве связующего для склеивания модифицированного в масле шпона.

Исследования по определению конечной влажности шпона после модификации проводились в соответствии с ГОСТ 16483.7-71. Разработана методика определения процентного содержания масла в шпоне после модификации и методика прогнозирования чиночных свойств клееных карандашей. Физико-механические показатели дощечки определяли согласно ГОСТ 9624-93 «Древесина слоистая клееная. Метод определения предела прочности при скалывании», ГОСТ 9621-72 «Древесина слоистая клееная. Методы определения физических свойств». Все испытания проводились на лабораторном оборудовании кафедры древесиноведения и специальной обработки древесины и кафедры станков и инструментов УГЛТУ.

Полученные экспериментальные данные многофакторных экспериментов обрабатывали методами математической статистики.

В третьей главе выполнено теоретическое обоснование технологии клееной карандашной дощечки на основе модифицированного шпона березы.

Древесина березы состоит из волокон либриформа (65,8-75,7%), сосудов (10,6-21,4%), сердцевинных лучей (10,8-11,7%), клеток паренхимы (2%) и трахеид (0,8%) (рис.1). Проводящими тканями древесины березы являются сосуды. Именно они обуславливают определяющий механизм при пропитке – фильтрацию за счет пористой поверхности и направлением, совпадающим с направлением волокон древесины.

Клеточные стенки (оболочки) древесины не однородны и состоят из двух структурных частей: первичной стенки (оболочки) Р и вторичной стенки (оболочки) S (рис.2). При технологической переработке древесины необходимо учитывать такие

характерные качества первичной оболочки как высокая устойчивость к химическим, термическим и другим воздействиям.

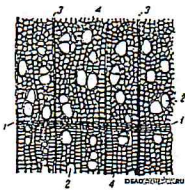


Рисунок 1 - Поперечный разрез древесины березы под микроскопом:

- 1 - граница годового слоя;
- 2 - сосуды; 3 - сердцевинные лучи; 4 - волокна либриформы

Слой Р и S3 клеточной стенки проявляют значительную устойчивость к термическому воздействию.

Структурные и химические изменения в древесине, вызванные воздействием температуры, определяют в свою очередь изменение ее физических и физико-химических свойств. По мнению К. Кюршнера, при температуре 100°C происходит отдача воды, химически связанной с целлюлозой. Ф. Кольман и др. показали, что частичное термическое разрушение древесины, при которой ее основные компоненты целлюлоза, гемицеллюлоза и лигнин расщепляются деструктивно, начиная со 120 до 200°C. Как следствие этого изменяются основные свойства древесины, такие как: абсолютный вес, сорбирующая способность и, значит, способность набухать, ее прочность, цвет, значение ОН и, вероятно, ее биоспротивляемость.

Усадка древесины при сушке обусловлена усадкой клеточных стенок вследствие значительных потерь массы при термическом разложении. Эти потери различны для разных слоев клеточной стенки. Образование трещин в клеточной стенке можно обнаружить главным образом в наиболее слабых участках, например на границе между слоями S1 и S2. Обработка древесины березы при температурах 120 и 160°C приводит к разрыхлению структуры клеточной стенки главным образом на внутренней поверхности между слоями S1 и S2. После нагревания древесины при температуре 250°C наблюдали разрывы лестничных перфораций сосудов вследствие размягчения и течения аморфных веществ.

Для высокотемпературной термической модификации древесины березы в минеральном теплоносителе (масле) характерно протекание следующих физико-химических процессов: интенсивный прогрев древесного материала при погружении его в масло; удаление влаги из древесины (сушка); пропитка древесины маслом; частичное разложение компонентов древесины. Важно отметить, что все эти процессы не происходят независимо друг от друга, они протекают одновременно, интенсивно. Для теоретического изучения процессов нагрева и сушки шпона в ходе модификации был использован графоаналитический метод решения уравнения Фурье с начальными и граничными условиями III рода.

Первичные стенки двух смежных клеток соединяются межклеточным веществом (срединной пластиной) М. В целом срединная пластинка является наиболее устойчивой частью древесины при различных химических и механических воздействиях. Вторичная стенка S состоит в свою очередь из трех слоев: наружного слоя S1, среднего слоя S2 и внутреннего слоя S3. Вторичная стенка S придает окончательную форму клетке, определяет механические свойства ткани.

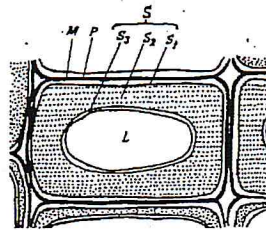


Рисунок 2 - Схема строения клеточной стенки

Разностное уравнение для определения температуры древесины в *i*-ой точке внутри листа шпона (*j*+1) момент времени:

$$t_{i,j+1} = \left(1 - \frac{2a_y \Delta \tau}{\Delta x^2}\right) \cdot t_{ij} + \left(\frac{2a_y \Delta \tau}{\Delta x^2}\right) \cdot (t_{i-1,j} + t_{i+1,j}) \quad (1)$$

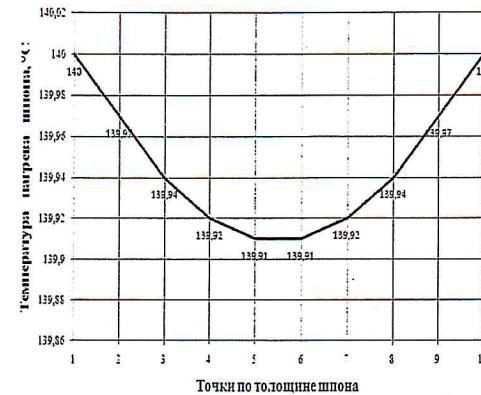


Рисунок 3 - Распределение температур по толщине шпона при температуре модификации 140°C в период 7 секунд

В ходе модификации березового шпона в масле его нагрев происходит за первые 5-7 сек. независимо от температуры масла. Пример распределения температур по толщине шпона приведен на рис. 3.

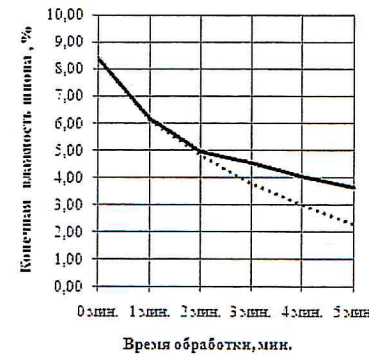
В третьей главе также представлены результаты опытов по определению конечной влажности шпона березы после модификации (рис. 4).

Разностное уравнение для определения влажности (и количества масла в древесине) в *i*-ой точке внутри листа шпона (*j*+1) момент

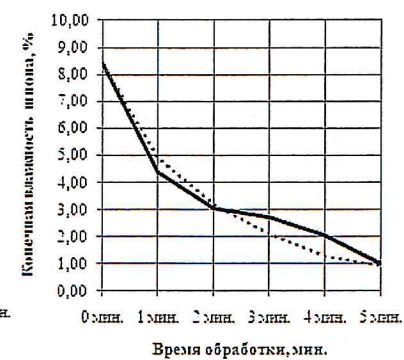
времени приведено в (2).

$$U_{i,j+1} = \left(1 - \frac{2a_{mj} \Delta \tau}{\Delta x^2}\right) \cdot U_{ij} + \left(\frac{2a_{mj} \Delta \tau}{\Delta x^2}\right) \cdot (U_{i-1,j} + U_{i+1,j}) \quad (2)$$

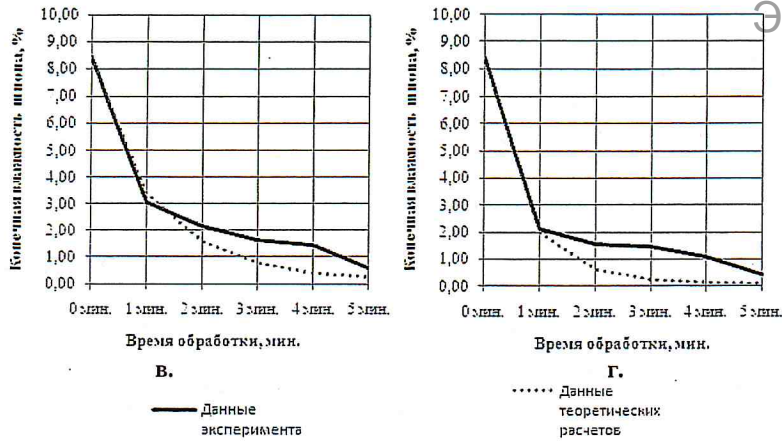
Как видно из рис.4 при увеличении температуры и времени модификации конечная влажность березового шпона уменьшается как по результатам экспериментов, так и по результатам теоретических расчетов. Разница между данными эксперимента и расчетными данными незначительная и составляет в среднем 2-3%.



а.



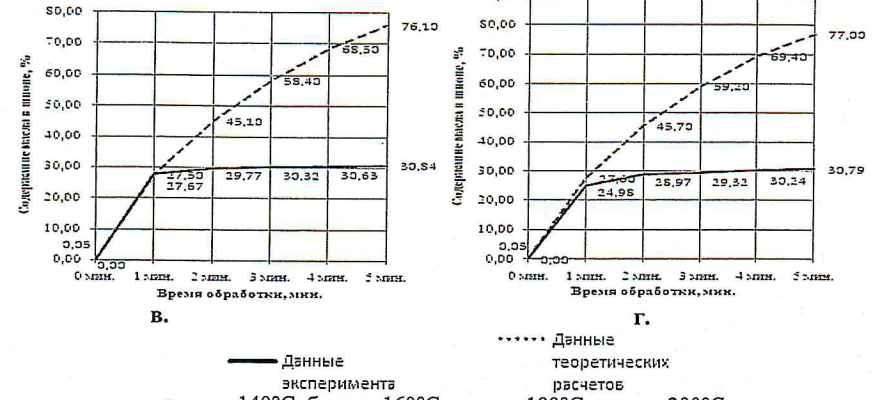
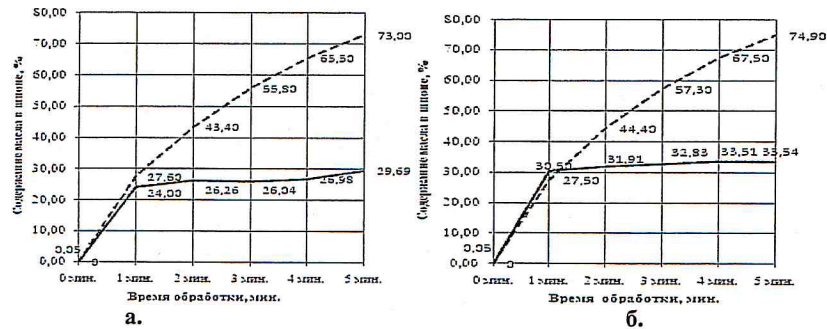
б.



а – при 140°C, б – при 160°C, в – при 180°C, г – при 200°C
Рисунок 4 – Конечная влажность обработанного в масле шпона

На рис.5 приведены результаты поглощения шпоном масла за период от 0 до 5 мин. При увеличении продолжительности модификации содержание масла в образцах березового шпона увеличивается. Это можно объяснить следующим. После погружения образца шпона в масло происходит быстрый прогрев тонкого слоя древесины. С увеличением времени обработки при заданной температуре масло, проникая в древесину, заполняет ее поры и накапливается в них, замещая удаленную влагу.

Появление привеса масла в образцах объясняется его пропиткой за счет капиллярного впитывания и диффузии. Однако, при повышенных температурах (180, 200 °C) содержание масла в шпоне незначительно уменьшается. Вероятно, это обуславливается некоторой усушкой (примерно 4-5%) древесины и испарением легких фракций самого масла из древесины. Результаты исследований подтверждают, что максимальная температура высокотемпературной стадии не должна превышать 200°C, иначе древесина начинает весьма значительно терять в прочности.



а – при 140°C, б – при 160°C, в – при 180°C, г – при 200°C
Рисунок 5 – Содержание масла в шпоне после модификации

Разность между данными эксперимента и расчетными данными в период от 0 до 1 мин. незначительная и составляет в среднем 3-5%. В период с 1 до 5 мин. разность в теоретических и экспериментальных показателях увеличивается. На наш взгляд это обуславливается тем, что уравнение влагообмена достаточно точно описывает процессы массопереноса масла в гигроскопической области, а за ее пределами поглощение масла практически не наблюдается. В то время как в теории процесс поглощения идет столь же интенсивно. Об этом косвенно свидетельствует достаточно «чистая» поверхность шпона после его пропитки маслом и хорошая смачиваемость ее клеем. Результаты испытаний древесины березы на проницаемость маслом при высоких температурах указывают на то, что имеет место быть молекулярный перенос масла в нанокла-

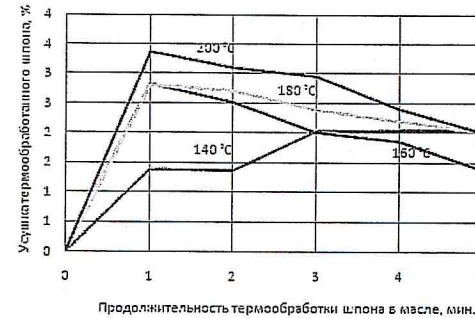


Рисунок 6 – Разбухание березового шпона после модификации

пиляры клеточных стенок. Об этом свидетельствует присутствие эффекта разбухания шпона, пропитанного маслом (рис. 6). Результаты замеров плотности модифицированного шпона березы представлены на рис. 7.

Уменьшение плотности наблюдается у шпона березы, мо-

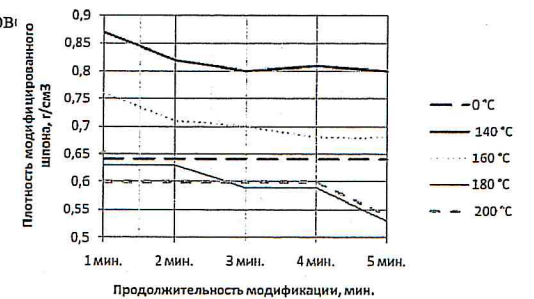


Рисунок 7 – Плотность модифицированного шпона березы

дифицированного в масле при температуре 180, 200°С. При этом увеличение длительности модификации снижает плотность древесины березы.

Для склеивания модифицированного березового шпона в диссертационной работе рассматривались клеи на основе карбамидной смолы марки КФ-МТ-15 (концентрация 60%, вязкость 70-80 сек. По ВЗ-4) с добавлением отвердителя (щавелевой кислоты в количестве 3,5, 7 масс. ч.) и дисперсия ПВА (концентрация 50±3%, вязкость 90-95 сек. по ВЗ-4). Смачивание модифицированного шпона клеем – одна из характеристик адсорбции, которая характеризует возможность поглощения поверхностью

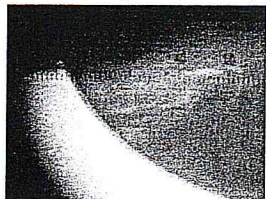


Рисунок 8 – Капля карбамидного клея на поверхности модифицированного шпона

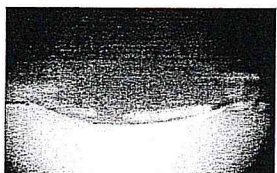


Рисунок 9 - Капля ПВАД на поверхности модифицированного шпона

обработанной древесины раствора клея, взаимодействие между микрочастицами контактирующих веществ, а также способность клея распределяться по поверхности шпона. Целью наших исследований являлась оценка краевого угла смачивания связующих как доказательство либо опровержение возможности адсорбции и поглощения клея поверхностью модифицированной слоистой древесины. Испытания проводились с помощью микроскопа МИР-2. Краевой угол смачивания θ определялся через тангенс угла θ , который рассчитывался по формуле:

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{4dh}{(d^2 - 4h^2)}, \quad (3)$$

где d, h – диаметр и высота капли, мм.

Для получения достоверного результата было произведено 30 замеров для каждого вида связующего. Затем определено среднее значение краевого угла смачивания.

Следует отметить, что шпон после непосредственного выгружения шпона из масла в ходе модификации древесина интенсивно впитывает остатки масла с наружных слоев из-за резкого перепада температур.

В результате на ощупь шпон после остывания остается практически сухой (влажность образцов составляет в среднем 2-4%, содержание масла 15-20%).

Краевой угол смачивания поверхности модифицированной слоистой древесины водой составил около 80°. Это показывает, что обработанная древесина медленно поглощает воду, следовательно, ее содержание в связующем должно быть минимизировано. Также водоосновный клей должен иметь большее время для лучшего проникновения в поры древесины, поэтому необходимо более длительное время для нахождения пакета шпона под прессом.

По результатам эксперимента установлено, что краевой угол смачивания поверхности обработанного шпона карбамидным клеем составляет в среднем 71° (рис.8). Показатели угла смачивания для дисперсии ПВА значительно выше: для обработанных образцов - 34° (рис.9). При непосредственном склеивании карандашной дощечки выяснилось, что карбамидный клей не способен склеить обработанный в масле шпон. А прочность склеивания карандашной дощечки, склеенной дисперсией ПВА (при скалывании вдоль волокон) в среднем составила от 0,7 до 1 МПа.

Таким образом, результаты данных исследований доказывают возможность адсорбции дисперсии ПВА поверхностью модифицированного шпона березы.

Основным процессом, лежащим в основе склеивания модифицированного шпона березы, является адсорбция. На первой стадии склеивания происходит перемещение больших молекул полимера из раствора к поверхности подложки. Это явление приводит к накоплению молекул клеящего вещества у поверхности подложки и обеднению самого раствора, т.е. к увеличению концентрации раствора клея у поверхности и снижению содержания полимера в остальном объеме раствора. Вследствие такого перемещения уменьшается расстояние между молекулами клея и подложки и увеличивается число точек контакта на границе раздела фаз. Второй стадией склеивания является собственно адсорбция. Третья стадия склеивания – процесс упрочнения полимера, в нашем

случае, дополнительным структурированием полимера. Изображение клеевого слоя приведено на рис. 10.

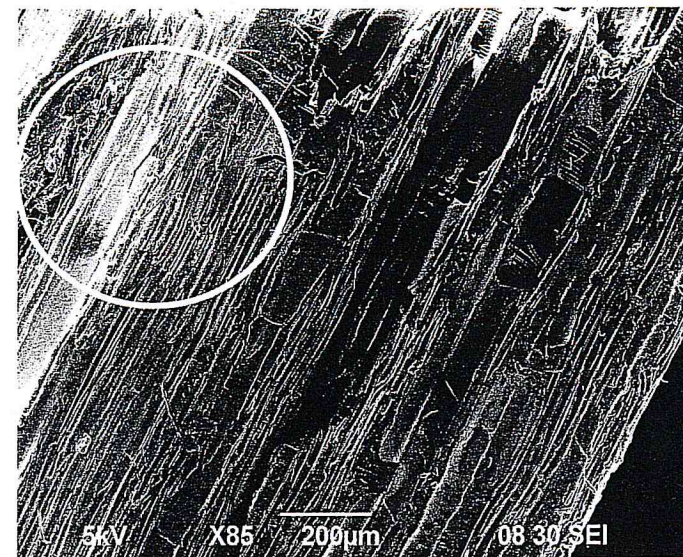


Рисунок 10 - Клеевой слой при увеличении X 85

дополнительным структурированием полимера.

В четвертой главе представлены результаты экспериментальных исследований некоторых физико-механических показателей клееной карандашной дощечки.

В качестве основного эксперимента был реализован трехфакторный план типа ВЗ, включающий 14 опытов. Данный план при сравнительно небольшом числе опытов и простоте реализации, обладает хорошими статистическими характеристиками. Наименование и значения постоянных и переменных факторов при проведении эксперимента, а также наименование и обозначение выходных параметров представлены в табл. 1,2,3.

Таблица 1 – Значения постоянных факторов при проведении эксперимента

№ п.п.	Наименование фактора	Значение фактора
1	Порода древесины	береза
2	Конструкция пакета шпона березы	4x1,5 мм
3	Начальная влажность образцов шпона	8±%
4	Тип связующего	ПВАД

Таблица 2 – Переменные факторы при проведении эксперимента

№ п.п.	Наименование фактора	Обозначение	Единица измерения	Код. обозначение	Значение факторов при уровнях варьирования					
					Нижний уровень		Средний уровень		Верхний уровень	
					Нагур	Код.	Нагур	Код.	Нагур	Код.
1	Температура масла при модификации шпона	t	°С	X ₁	160	-	180	0	200	+
2	Продолжительность модификации шпона в масле	τ	мин.	X ₂	1	-	3	0	5	+
3	Давление при склеивании модифицированного шпона	p	МПа	X ₃	0,6	-	0,8	0	1	+

Таблица 3 – Выходные параметры эксперимента

№ п.п.	Наименование параметра	Обозначение	Ед. изм.	Код. об.
1	Удельное усилие резания	F _{уд}	мН/мм ²	Y1
2	Прочность склеивания	σ _{ск}	МПа	Y2
3	Водопоглощение	ΔW	%	Y3
4	Разбухание	P _о	%	Y4

Уравнения регрессии, описывающие влияние режимных параметров на указанные выходные параметры имеют вид:

$$\hat{Y}_1 = 513,6 - 91,8x_1 - 15x_2 + 50,3x_3 + 75,61x_1^2 - 7,68x_2^2 - 4,49x_3^2 - 3,48x_1x_2 - 9,03x_1x_3 - 8,43x_2x_3 \quad (4)$$

$$\hat{Y}_2 = 0,948 - 0,203x_1 - 0,243x_2 + 0,0056x_3 - 0,063x_2^2 - 0,072x_3^2 + 0,019x_1x_2 - 0,018x_1x_3 + 0,011x_2x_3 \quad (5)$$

$$\hat{Y}_3 = 12,3 - 0,66x_1 - 1,72x_2 + 0,05x_3 - 0,84x_1^2 - 0,18x_2^2 - 1,18x_3^2 - 0,67x_1x_2 - 0,21x_1x_3 + 0,02x_2x_3 \quad (6)$$

$$\hat{Y}_4 = 15,95 - 0,69x_1 - 0,86x_2 + 4,3x_1^2 + 0,16x_2^2 + 0,22x_3^2 + 0,30x_1x_2 + 0,09x_1x_3 - 0,16x_2x_3 \quad (7)$$

Все полученные модели адекватны и эффективны.

Рациональные значения режима модификации и склеивания лущеного шпона безрезы были найдены путем решения компромиссной задачи методом условного центра масс. Значения выходных параметров при модификации и склеивании шпона составили:

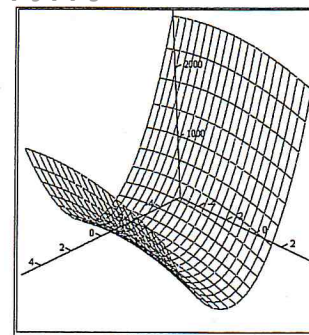
$$F_{уд} = 541,77 \text{ мН} \quad F_{уд} = 620 \text{ мН (для контрольных кедровых образцов)}$$

$$\sigma_{ск} = 1,2 \text{ МПа} \quad 1 \text{ МПа}$$

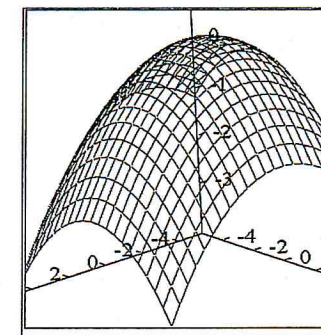
$$\Delta W = 11\%$$

$$\Delta P_o = 14\%$$

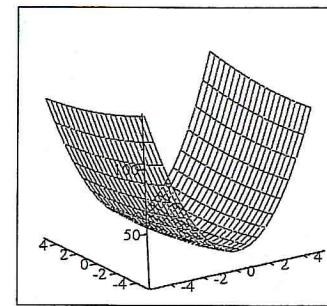
На рис. 11 дана графическая иллюстрация вышеописанных зависимостей.



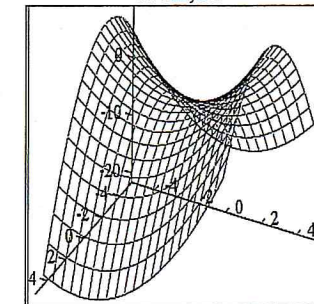
а. - Зависимость Y1 от X2, X3



б. - Зависимость Y2 от X2, X3



в. - Зависимость Y3 от X2, X3



г. - Зависимость Y4 от X2, X3

Рисунок 11 – Зависимости выходных параметров эксперимента от режимных параметров (при X1=0 (температура модификации шпона 180°С))

Из рис. 11 а,в,г прослеживается наличие выраженного минимума поверхностей отклика. На рис. 11 б - наличие четко выраженного максимума поверхности отклика.

По результатам экспериментальных исследований была подана заявка и получен патент на полезную модель. Особенности конструкции карандашной дощечки заключаются в том, что она выполнена в виде проклеенного из четного числа листов шпона пакета (1,5 мм x 4), причем направление волокон во всех слоях шпона одинаковое, верхний лист шпона уложен обратной стороной к обратной стороне второго листа, а нижний лист шпона уложен

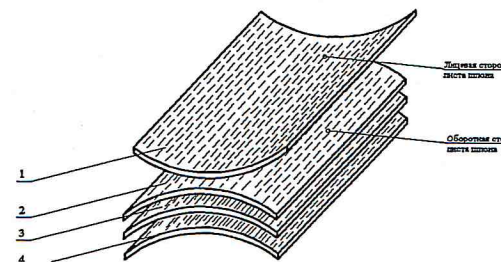


Рисунок 12 - Схема сборки листов шпона в пакете

обратной стороной к лицевой стороне третьего листа (рис. 12). Также листы шпона содержат в себе минеральное масло.

В пятой главе представлено описание технологического процесса изготовления клееных карандашных дощечек на основе модифицированного шпона березы. Схема полного описания технологического процесса производства представлена на рис. 13. В схеме предусмотрено снабжение карандашного предприятия сырьем в кряжах и проведение операции модификации как листов березового шпона форматом, примею равным формату дощечки, так и листов шпона форматом, кратным формату дощечки.

Также в главе выполнен расчет расхода древесного сырья, проведен сравнительный анализ полезного выхода клееной карандашной дощечки на основе модифицированного шпона и дощечки из пиленой древесины кедра (табл. 4,5) и выполнен расчет потребного количества материалов для производства заданного объема клееной карандашной дощечки.



Рисунок 13 – Схема полного технологического процесса производства клееных карандашных дощечек на основе модифицированного шпона березы

Таблица 4 - Баланс древесины при производстве клееной карандашной дощечки

Составляющие	Показатели баланса		
	Обоз.	м ³	%
Сырье	Q ₇	18832	100
Объем выпуска продукции	Q ₀	7000	3,5
Потери при раскряжке	q ₇	659	34,4
Потери при лущении	q ₆	6475	6,2
Потери при сортировке	q ₅	1174	4,0
Потери при модификации	q ₄	760,2	1,6
Потери при нормализации качества	q ₃	306	1,1
Потери на упрессовку	q ₂	210,9	6,5
Потери при раскросе клееного материала на карандашную	q ₁	1225,6	3,5
Потери при переобрезке и сортировке	q	1130	6

Таблица 5 - Баланс древесины при производстве дощечки из древесины кедра

Составляющие баланса	Показатели баланса, %
Кедровые бревна для раскроя	100
Годные карандашные дощечки	18,5
Доски – брак по древесине	4,4
Деловой горбыль	6,8
Дровяной горбыль и срезки	9,9
Бруски - брак	17,3
Рейки - брак	9,9
Дощечки - брак	11,6
Опилки	21,6

Разработанная технология прошла промышленную апробацию в условиях ООО «СКФ г. Томск»

В шестой главе произведены расчеты экономической эффективности предложенной технологии клееной карандашной дощечки при объеме выпуска карандашных дощечек 7 тыс. м³ в год. Анализ результатов расчетов позволяет заключить, что расходы на закупку березового сырья более чем в 10 раз ниже, чем на закупку кедрового; себестоимость производства 1 м³ клееной карандашной дощечки составила 24600 руб.; годовой экономический эффект составил 72 800 тыс. руб.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена возможность получения клееной карандашной дощечки на основе модифицированного в масле лущеного шпона березы.
2. Разработаны математические модели, адекватно описывающие влияние режимных параметров на выходные параметры.
3. Определены оптимальные параметры модификации и склеивания модифицированного лущеного шпона березы: температура масла при модификации - 180°C, продолжительность модификации – 1 минута, давление прессования при склеивании модифицированного шпона – 0,8 МПа.
4. В промышленных условиях доказано, что клееная карандашная дощечка отлично обрабатывается на станках, склеивается в карандашные блоки, покрывается лакокрасочными составами. При этом карандаши, изготовленные из клееной карандашной дощечки, имеют хорошие чиночные свойства и соответствуют всем требованиям, предъявляемым к деревянным карандашам.
5. Ожидаемый годовой экономический эффект предложенной технологии составил не менее 70 млн. рублей. Себестоимость клееной карандашной дощечки на 30% ниже себестоимости кедровой дощечки; себестоимость карандаша из клееной дощечки в 15 раз меньше себестоимости кедрового.
6. Описанная технология клееной карандашной дощечки разрешает экологический и экономический вопросы сбережения ценнейшей древесины кедра для карандашного производства.

В приложениях диссертационной работы приведены копии патента на полезную модель и копии акта производственных испытаний.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ВЫВОДЫ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ОТРАЖЕНЫ В СЛЕДУЮЩИХ ПУБЛИКАЦИЯХ:

1. Шадрина Е.В., Гороховский А.Г., Дружинин А.В. О совмещении операций сушки и облагораживания шпона в производстве слоистой карандашной дощечки // Дерево-